

## Messungen mit dem CBR (Computer-Based-Ranger) (Ultraschall-Abstandssensor)

Das CBR sendet Ultraschallpulse aus und empfängt das an einem Gegenstand reflektierte Signal. Aus der Laufzeit wird der Abstand zum Objekt bestimmt.

Das CBR wird über einen der Dig/Sonic-Eingänge an das Lab-Cradle angeschlossen. Es wird dann automatisch als Sensor für Bewegungen erkannt. Der aktuell gemessene Abstand zu einem Gegenstand (in Metern) wird ebenfalls angezeigt.

**Achtung: Wird das CBR nicht erkannt (man kann dann auch nicht messen), kann das am Ladezustand des Lab-Cradle liegen. Auch wenn andere Sensoren noch funktionieren, reicht die Spannung unter Belastung mit dem CBR u. U. zum Betrieb desselben nicht mehr aus.**

Weiter ist bei Messungen mit dem CBR zu beachten:

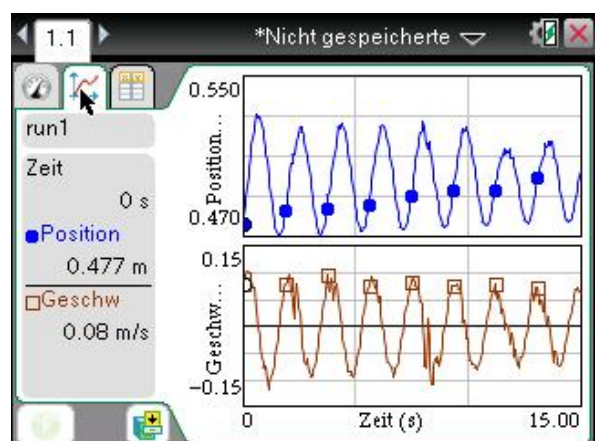
**Abstand zum Messobjekt:** Größer als 40, besser 50 cm. Bei kleineren Entfernungen ist die Laufzeit des Ultraschallsignals zu kurz – es wird nur Unsinn angezeigt.

**Zeitintervall für die Messung:** Voreingestellt ist 0,05 s bzw. eine Stichprobe von 20 Messungen/s. Bei der Wahl kleinerer Messintervalle muss man aufpassen, denn das Gerät misst bei größeren Entfernungen dann nicht mehr richtig (bei  $\Delta t = 0,02$  s kann zum Beispiel nur bis  $d = 1.7$  m gemessen werden), da die Laufzeiten zu lang werden. Zwischen Empfang des reflektierten Signals und der Sendung eines neuen Signals muss offensichtlich eine gewisse Zeitspanne liegen.

**Größe des Messobjekts:** Das CBR sendet Ultraschall mit einem nicht zu vernachlässigenden Öffnungswinkel aus. Bei kleinen Objekten (zum Beispiel kleinen rollenden Kugeln) muss man daher darauf achten, dass um den Aufbau herum genügend Platz ist und die Messung nicht durch andere Gegenstände gestört wird – zum Beispiel auch durch den Experimentator.

Neben der **Entfernung** misst das CBR gleichzeitig auch **Geschwindigkeit** und **Beschleunigung** eines Objekts (es wird differenziert bzw. die mittlere Geschwindigkeit aus der Ortsänderung bzw. die Beschleunigung aus der Geschwindigkeitsänderung ermittelt).

Ort und Geschwindigkeit werden automatisch als Graphen angezeigt.



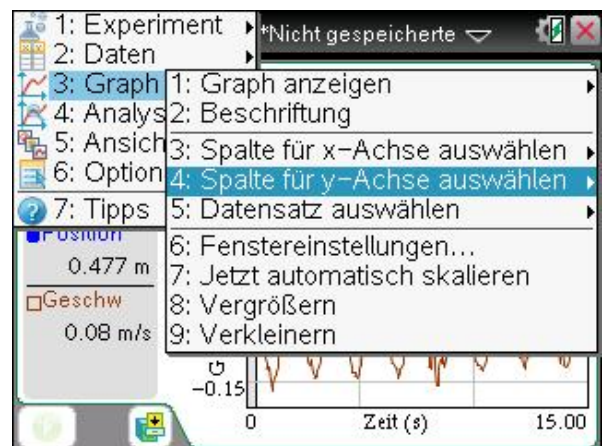
In der Messtabelle findet man in Spalte 4 die Beschleunigung.

	Position	Geschw	Beschl
1	0.477	0.08	0.14
2	0.481	0.09	0.11
3	0.486	0.09	0.11
4	0.490	0.10	0.11
5	0.495	0.11	0.09

Die Beschleunigung kann man natürlich auch als Graph darstellen. Dazu eingeben:

Menu

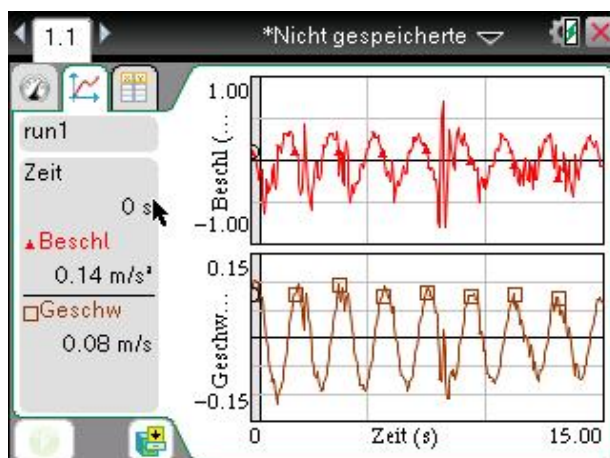
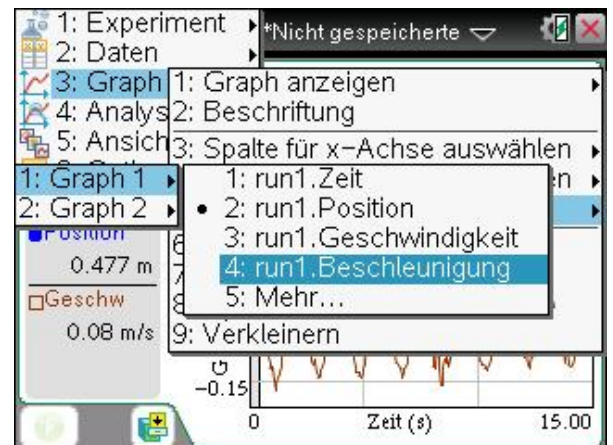
- 3: Graph
- 4: Spalte für y-Achse auswählen



Dann kann man wählen, ob die Beschleunigung als Graph 1 oder 2 angezeigt werden soll.

- 4: run1.Beschleunigung

liefert den Graphen für die Beschleunigung an der gewählten Position 1 oder 2.



Die Beschleunigung – als 2. Ableitung des eigentlich gemessenen Ortes - ist natürlich immer etwas „verrauscht“.

### Messbeispiele für das CBR:

**Fadenpendel:** Gibt für  $s(t)$  und  $v(t)$  sehr schönen Sinus bzw. Cosinus, Phasenverschiebung der beiden Kurven gut sichtbar.  $a(t)$  natürlich etwas verrauscht.

Man kann auch  $s(v)$  darstellen. Dazu muss man natürlich  $s$  und  $v$  gegeneinander auftragen und nicht gegen die Zeit (siehe Messanleitung „Fadenpendel“). Das ergibt dann eine Lissajous-Figur - wie erwartet beim ungedämpften Fadenpendel eine Ellipse (Phasenverschiebung zwischen  $s(t)$  und  $v(t)$  ist  $\pi/2$ , Amplituden sind nicht gleich.)

**Senkrechter Wurf, Messung der Erdbeschleunigung:** Einfach Softball über dem CBR hochwerfen und wieder auffangen, aus quadratischem Fit von  $s(t)$  erhält man die (halbe) Erdbeschleunigung.

**Freier Fall mit Luftreibung:** Luftballon unter dem CBR fallenlassen. Geschwindigkeit nimmt nach kurzer Fallzeit nicht mehr zu, sondern ist praktisch konstant.

**Schiefe Ebene, Galileis Fallrinne:** Kugel/Ball auf schiefer Ebene rollen lassen. CBR misst Weg-Zeit-Gesetz und Geschwindigkeits-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.